

TURBULENCIA CONVECTIVA SOBRE LA REGIÓN DE CÓRDOBA: UN CASO DE ESTUDIO

Juan Ignacio Vera Amor^{1,2}, Paola Rodriguez Imazio^{2,3}
Luciano Vidal², Maria de los Milagros Alvarez Imaz², Andreas Dörnbrack⁴
nachoveraa00@gmail.com

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y de los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales,
Universidad de Buenos Aires

²Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR)

Palabras claves: Turbulencia, Convección, SOUTHTRAC

1) INTRODUCCION

La turbulencia atmosférica está caracterizada por remolinos que generan rápidas variaciones en las componentes del viento, y pueden abarcar un gran espectro de escalas (desde varios metros hasta cientos de kilómetros). Cuando estos remolinos tienen una escala comparable con las dimensiones de un avión, pueden implicar fuertes impactos en la seguridad aeronáutica (Lane et al., 2003; Bedka et al., 2010). El encuentro con turbulencia puede generar daños materiales en las estructuras del avión, así como también poner en peligro la seguridad de pasajeros y tripulación a bordo (Lane et al., 2003). Por estos motivos, surge la necesidad de poder entender los diversos procesos físicos que generan turbulencia y aplicar esos conocimientos en la mejora de los pronósticos. En este sentido, la convección húmeda y su interacción con el entorno generan condiciones propicias para el desarrollo de turbulencia dentro y por encima de la nube. A este tipo de turbulencia se la define como turbulencia inducida por la convección, CIT (por su sigla en inglés, Convective Induced Turbulence). Este trabajo estudia un caso de turbulencia convectiva sobre la región de Córdoba el 6 de noviembre de 2019, ocurrido durante la campaña SOUTHTRAC (Rapp et al., 2021). Para ello se utilizan observaciones in situ a 1, 10 y 100 Hz obtenidos de un vuelo de investigación, sensores remotos para la detección y caracterización de la convección y se evalúa como el modelo de pronóstico europeo (IFS-ECMWF) resuelve la situación en el centro del país.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para este estudio se cuenta con datos in situ de las tres componentes de la velocidad del viento, obtenidas de instrumentos instalados a bordo del HALO (High Altitude and Long Range Aircraft) con una frecuencia de muestreo de 1, 10 y 100 Hz. Estos datos fueron utilizados para calcular la energía cinética turbulenta y la tasa de disipación de energía (TKE y EDR, por sus siglas en inglés, respectivamente), que son parámetros utilizados normalmente para estimar la severidad de la turbulencia aeronáutica. Estas cantidades fueron calculadas de la misma forma que Imazio et al. (2022), ya que los datos se obtuvieron de los mismos sensores. En particular, el EDR es hoy el parámetro oficial utilizado por la ICAO (por sus siglas en inglés para Organización Internacional de Aviación Civil) para fijar umbrales de turbulencia. También se utilizan datos provenientes de sensores remotos para el seguimiento y caracterización de la

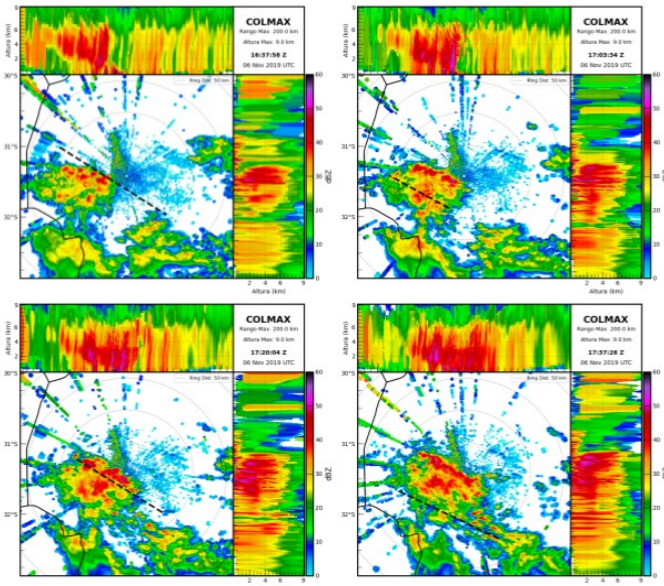


Figura 1: Producto COLMAX del RMA1 para el día 6 de noviembre de 2019 a las 16:37, 17:03, 17:20 y 17:37 UTC. En negro se grafican las sucesivas pasadas del HALO.

convección. Se cuenta con información de distintos canales del sensor ABI montado en el satélite GOES-16 perteneciente a la NOAA, al igual que con datos del Radar Meteorológico Argentino 1, RMA1, ubicado en la ciudad de Córdoba. A estos datos, se le complementa información proveniente del sistema de pronóstico integrado del modelo global europeo IFS ECMWF.

3) RESULTADOS

En la Figura 1 se grafica la reflectividad máxima de la columna (COLMAX) para cada tiempo coincidente con las sucesivas pasadas del HALO. Además, los paneles laterales y superiores brindan información de la estructura vertical de la convección, obtenidos a partir de

cada elevación del escaneo realizado por el RMA1. Las transectas en negro punteado representan las pasadas del HALO en cada momento, considerando que el avión se encuentra a una altitud de 12 km. La evolución temporal de las imágenes de radar permiten observar como la convección avanza hacia el ENE, donde el borde delantero de la misma presenta mayor intensidad tomando valores de reflectividad por encima de 50 dBZ. También se puede observar cómo si bien la convección es intensa, no es muy profunda y se puede determinar el tope de la nubosidad en un nivel cercano a los 9 km, donde se registran valores de unos 10 dBZ.

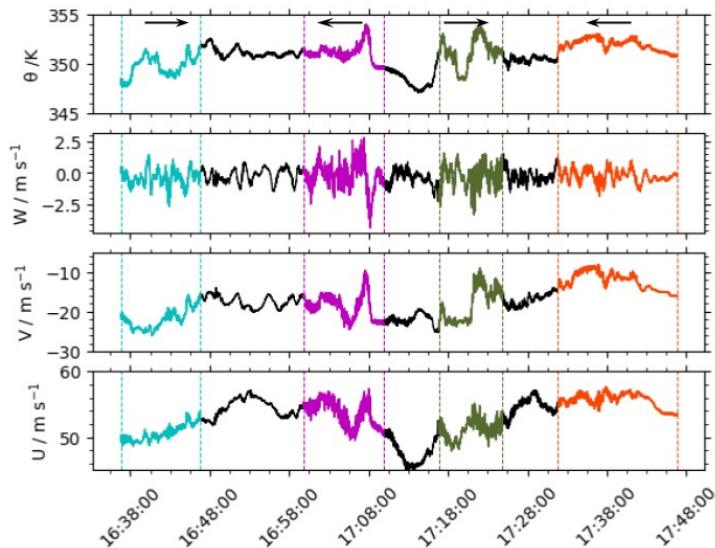


Figura 2: Serie temporal a 10 Hz de la temperatura potencial y las tres componentes de viento.

La íntima relación entre la convección y la turbulencia registrada por la aeronave queda plasmada en la Figura 2. Allí, se cuenta con la serie temporal de la temperatura potencial y de las 3 componentes del viento con las mediciones a 10 Hz. En colores se grafican los tiempos en los que se cuenta con observaciones a 100 Hz de modo que en celeste se tiene la primera pasada, en magenta la

segunda, en verde la tercera y la última en naranja. Se puede ver como las pasadas del medio (2 y 3, magenta y verde) cuentan con las mayores perturbaciones, íntimamente relacionadas con la intensidad de la convección. Para la hora de la última pasada (panel abajo a la derecha de la Figura 1) se observa como la convección sigue siendo intensa y abarca un área considerable, pero el sobrevuelo del HALO ocurre alejado de esta región.

4) CONCLUSIONES

El radar meteorológico es un gran aliado para detectar este tipo de eventos de convección profunda con tope cálido, capaz de generar turbulencia intensa a una distancia considerable de la región en donde se localiza, ya que el HALO vuela sobre la región a unos 3 km por encima del tope nuboso. Las sucesivas pasadas del avión sobre la convección permiten descartar cualquier otra fuente de turbulencia debido a que las mayores variaciones, principalmente en la velocidad vertical, ocurren en los tramos intermedios. Del mismo modo, para el tiempo de la última pasada se observa que la convección sigue siendo intensa (panel abajo a la derecha, Figura 1) pero el avión se encuentra alejado de esta zona. Este resultado sugiere entonces, que la inyección de energía en las escalas grandes es generada por la convección y este es el proceso que da lugar al evento turbulento registrado.

Se resalta la importancia de estudiar este tipo de eventos y no solo los que involucren convección húmeda profunda, al igual que promover estudios de turbulencia en la región para poder comparar con la bibliografía del hemisferio norte y de esta forma, calibrar los índices de turbulencia en la región utilizados con fines de pronóstico.

REFERENCIAS

- Bedka, K., J. Brunner, R. Dworak, W. Feltz, J. Otkin, y T. Greenwald, 2010:** Objective satellite-based detection of overshooting tops using infrared window channel brightness temperature gradients. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 49 (2), 181 – 202, doi:10.1175/2009JAMC2286.1
- Fovell, R., D. Durran, and J. Holton, 1992:** Numerical simulations of convectively generated stratospheric gravity waves, *J. Atmos. Sci.*, 49(16), 1427–1442.
- Lane, T., R. Sharman, T. Clark, and H. Hsu, 2003:** An investigation of turbulence generation mechanisms above deep convection, *J. Atmos. Sci.*, 60(10), 1297–1321.
- Rapp, M., Kaifler, B., Dörnbrack, A., Gisinger, S., Mixa, T., Reichert, R., et al., 2021:** SOUTHTRAC-GW: An airborne field campaign to explore gravity wave dynamics at the World’s strongest hotspot. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 102(4), E871–E893. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-20-0034.1>
- Rodriguez Imazio, P., Dörnbrack, A., Urzua, R. D., Rivaben, N., & Godoy, A., 2022:** Clear air turbulence observed across a tropopause fold over the Drake passage—A case study. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 127, e2021JD035908. <https://doi.org/10.1029/2021JD035908>